

P14957-A

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 1 年 6 月 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 1 - 1 7 0 8 5 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 1 - 1 7 0 8 5 3]

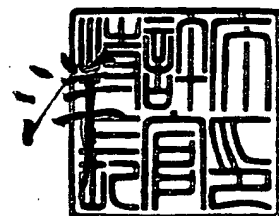
出 願 人 日 本 電 信 電 話 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 5 年 3 月 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 5 - 3 0 1 7 9 1 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH135139

【提出日】 平成13年 6月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 佐藤 昇男

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 町田 克之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 石井 仁

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 久良木 億

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064621

【弁理士】

【氏名又は名称】 山川 政樹

【電話番号】 03-3580-0961

【手数料の表示】**【予納台帳番号】** 006194**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9701512**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 微細構造の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に凹部構造を形成する第 1 の工程と、
前記凹部内に犠牲膜を充填する第 2 の工程と、
開口部を備えた板状の蓋を、前記凹部構造の側壁より前記開口部が離間した状態で、前記凹部構造を覆うように配置して固定する第 3 の工程と、
前記開口部より前記犠牲膜をエッチング除去して前記蓋の下に前記凹部による空間を形成する第 4 の工程と、
前記蓋の上に液状の材料を塗布して塗布膜を形成し、これを固化することで前記蓋の上に封止膜を形成して前記開口部を塞ぐ第 5 の工程と
を備えたことを特徴とする微細構造の製造方法

【請求項 2】 請求項 1 記載の微細構造の製造方法において、
前記第 5 の工程では、前記塗布膜が前記基板より力の作用する側に配置された状態として前記塗布膜を固化することを特徴とする微細構造の製造方法

【請求項 3】 請求項 2 記載の微細構造の製造方法において、
前記第 5 の工程では、前記塗布膜が前記基板より下方に配置された状態として前記塗布膜を固化することを特徴とする微細構造の製造方法。

【請求項 4】 請求項 1～3 いずれか 1 項に記載の微細構造の製造方法において、

前記塗布膜を形成したときの前記開口部以外の領域における前記塗布膜の膜厚を t とし、

前記空間外部と前記開口部との境界における前記開口部の断面積を a とし、
前記空間と前記開口部との境界における開口部の断面の周囲の長さを b とし、
前記開口部内の体積を c とし、
前記空間と前記開口部との境界における、前記塗布膜の前記開口部に進入した部分と前記開口部側壁との間の表面張力の大きさを d とし、

前記塗布膜の密度を e とし、

重力加速度を g とすると、

$$(c + a \times t) \times e \times g \leq b \times d$$

の関係が満たされていることを特徴とする微細構造の製造方法。

【請求項 5】 請求項 1～4 いずれか 1 項に記載の微細構造の製造方法において、

前記第 3 の工程では、前記犠牲膜上およびこの前記犠牲膜周囲にかけて金をメッキすることで前記蓋を形成し、

前記第 5 の工程では、ポリイミドから構成され液状の材料を塗布して前記塗布膜を形成する

ことを特徴とする微細構造の製造方法。

【請求項 6】 請求項 5 記載の微細構造の製造方法において、
感光性を有するポリイミドから構成された液状の材料を塗布して前記塗布膜を形成し、

フォトリソグラフィによって前記塗布膜の前記開口部周辺以外の領域を除去して残った部分を固化することで、前記蓋の前記開口部領域上に封止膜を形成して前記開口部を塞ぐ

ことを特徴とする微細構造の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置やマイクロマシン（MEMS：Micro Electro Mechanical Systems）などに利用される中空構造を有する微細構造の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

封止技術は、半導体チップをパッケージに封止する際、あるいは、MEMS など微小デバイスの分野における微小開口領域を封止する際に必要な技術である。封止することによって、封止された中空構造領域を外部からの異物流入や汚染から守り、また、内部の圧力・温度・湿度等の動作環境を一定に保つという効果が得られる。

【0003】

このような効果が得られる封止された中空構造を作るには、つぎに示すようにすればよい。まず、中空構造とする領域に犠牲膜を形成し、犠牲膜の一部が外部に露出する開口部を備えた膜で犠牲膜を覆う。次いで、開口部を通して犠牲膜をエッチング除去することで、膜の内部に空間が形成された状態とする。最後に、膜に形成されている開口部を封止すれば、封止された中空構造が得られる。

【 0 0 0 4 】

このような中空構造を利用したものとして、「P. R e y」らは、静電容量の変化によって圧力変化をとらえる容量型圧力センサの作製方法を開発した (P. Re y, P. Charvet, M. T. Delaye, and S. Abouhassan, "A High Density Capacitive Pressure Sensor Array For Fingerprint Sensor Application", proceedings of Transducers'97, pl453-1456(1997))。

【 0 0 0 5 】

このセンサの製造方法について、図 7 および図 8 を用いて説明する。まず、図 7 (a) に示すように、シリコン基板 5 0 1 上に $1\ \mu\text{m}$ のシリコン酸化膜 5 0 2 を熱酸化法により形成し、この上に公知のフォトリソグラフィ技術と堆積・エッチング技術を用いて下部電極 5 0 3 と犠牲層 5 0 4 と上部電極 5 0 5 とを順次形成する。犠牲層 5 0 4 の膜厚は、 $0.4\ \mu\text{m}$ である。

【 0 0 0 6 】

つぎに図 7 (b) に示すように、上部電極 5 0 5 と接する可動膜 5 0 6 として P E C V D 法 (Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition) によって、膜厚 $0.5\ \mu\text{m}$ のシリコン窒化膜を堆積形成し、フォトリソグラフィを用いて開口部 5 0 7 を作製する。このときの上から見た透視図を図 7 (c) に示す。さらに、図 7 (d) に示すように開口部 5 0 7 を通して犠牲層 5 0 4 をエッチング除去する。最後に、図 7 (e) に示すように、P E C V D 法によって窒化膜を堆積することで封止膜 5 0 8 を形成して、微細な中空構造 5 0 9 を形成する。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、以上の C V D による封止法を用いた場合、封止材料が開口部 5 0 7 を通して内部に侵入して堆積し、封止された中空構造内部において柱状構造

5 0 8 b が大きな領域を占めるという問題があった。

また、中空構造 5 0 9 の上部を可動させて圧力を検出する構造の場合、封止材料で堆積形成された中空構造 5 0 9 内部の柱状構造 5 0 8 b が、可動膜 5 0 6 の一部を固定してしまい、可動領域を狭めるという問題があった。

【0 0 0 8】

この問題は、特に図 9 (a) に示すように 2 次元アレイ状に中空構造 5 0 9 を配列させたアレイ型のセンサ 6 0 0 において顕著である。このセンサ 6 0 0 を上から見た透視図を図 9 (b) に、図 9 (b) の C.C 断面図を図 9 (c) に示す。センサ 6 0 0 を構成する各々の中空構造 5 0 9 からなる素子は、下部電極 5 0 3、上部電極 5 0 5、可動膜 5 0 6、封止膜 5 0 8 を備える。封止膜 5 0 8 の中空構造内部に侵入した部分である柱状構造 5 0 8 b は、図 9 (b) に示すように、可動膜 5 0 6 内で柱状構造 5 0 8 b の周囲の領域 6 0 1 を固定し、可動膜 5 0 6 の可動を大きく阻害する。この領域 6 0 1 は、センサとしては無駄な領域である。それゆえ、単一の中空構造素子の可動膜感度が低下するばかりでなく、中空構造素子を 2 次元アレイ状に配列させる集積度の向上を阻害し、また、センサ精度・分解能を低下させる要因となる。

【0 0 0 9】

また、図 7 (e) に示すように、柱状構造 5 0 8 b と同じ厚さの膜が可動膜 5 0 6 上に形成されるが、封止によって可動膜 5 0 6 を厚くしすぎると可動しなくなる。一方、可動膜 5 0 6 が可動するように封止膜 5 0 8 を薄くしようとする、開口部 5 0 7 の領域における柱状構造 5 0 8 の高さが低くなる。柱状構造 5 0 8 の高さが低く、この頭部が開口部 5 0 7 に到達しないと、封止した状態とならない。従って、封止膜 5 0 8 を薄くする場合、柱状構造 5 0 8 の頭部を開口部 5 0 7 底部に到達させて封止状態とするために、可動膜 5 0 6 とシリコン酸化膜 5 0 2 との距離を近づける必要がある。

【0 0 1 0】

つまり、上述した従来の封止法では、下部電極 5 0 3 と上部電極 5 0 5 の距離に制限があり、大きくすることができない。これを避けるために、図 8 (a) に示すように、封止膜 5 0 8 の一部を覆うレジストマスク 5 1 0 を用い、公知のエ

エッチング技術により封止膜 508 を加工し、図 8 (b) に示すように、開口部 507 の周囲だけに封止膜 508c を残すようにしてもよい。

しかしながら、この場合は、封止膜を加工する新たなプロセスが必要となり、製造工程数が多くなり、コストの上昇を招く。

【0011】

以上の問題点は、犠牲層を取り囲む可動膜の一部を開口し、ウェットエッチングによって横方向から犠牲層を除去する場合でも同じである。これについて図 10 を用いて説明する。図 7 (a) と同じ工程を経て図 10 (a) まで作製したのち、図 10 (b) に示すように、犠牲層 504 を取り囲む可動膜 506a を形成する。この際、可動膜 506a の側面は、犠牲膜 504 の側面を「コ」の字状に囲った状態とし、犠牲層 504 の側面の一部が露出した状態とする。このときの上から見た透視図を図 10 (c) に示す。

【0012】

この後、ウェットエッチングにより可動膜 506a が開放している横方向から犠牲層 504 を除去し図 10 (d) の状態とする。この後、図 10 (e) のように、封止膜 508 を CVD 法によって形成する。この場合も、封止膜 508 が厚くなり可動性が失われるという問題が生じる。また、図 10 (f) のように、封止膜 508 の不要な部分をエッチング除去し、部分 508c だけ残す場合は、工程数が多くなるという問題が生じる。

【0013】

以上説明したように、従来では、中空構造の封止部分以外の構造や特性や感度に悪影響を与えたり制限を設けたりせずに封止することが困難であった。

本発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、封止された微細な中空構造をより容易に形成できるようにすることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明の微細構造の製造方法は、基板上に凹部構造を形成する第 1 の工程と、凹部内に犠牲膜を充填する第 2 の工程と、開口部を備えた板状の蓋を、凹部構造の側壁より開口部が離間した状態で、凹部構造を覆うように配置して固定する第

3の工程と、開口部より犠牲膜をエッチング除去して蓋の下に凹部による空間を形成する第4の工程と、蓋の上に液状の材料を塗布して塗布膜を形成し、これを固化することで蓋の上に封止膜を形成して開口部を塞ぐ第5の工程とを備えたものである。

この発明によれば、塗布することで形成した封止膜により、蓋の下の空間が封止される。

【0015】

上記発明において、第5の工程では、塗布膜が基板より力の作用する側に配置された状態として塗布膜を固化する。また、第5の工程では、塗布膜が基板より下方に配置された状態として塗布膜を固化する。

上記発明において、塗布膜を形成したときの開口部以外の領域における塗布膜の膜厚を t とし、空間外部と開口部との境界における開口部の断面積を a とし、空間と開口部との境界における開口部の断面の周囲の長さを b とし、開口部内の体積を c とし、異空間と開口部との境界における、塗布膜の開口部に進入した部分と開口部側壁との間の表面張力の大きさを d とし、塗布膜の密度を e とし、重力加速度を g とすると、 $(c + a \times t) \times e \times g \leq b \times d$ の関係が満たされている。

【0016】

上記発明において、犠牲膜上およびこの犠牲膜周囲にかけて金をメッキすることで蓋を形成し、ポリイミドから構成され液状の材料を塗布して塗布膜を形成する。また、感光性を有するポリイミドから構成された液状の材料を塗布して塗布膜を形成し、フォトリソグラフィによって塗布膜の開口部周辺以外の領域を除去して残った部分を固化することで、蓋の開口部領域上に封止膜を形成して開口部を塞ぐ。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

図1は、本発明の実施形態における微細構造の製造方法を説明する工程図である。本実施の形態では、中空構造の上部が可動可能であり、容量が検出できる構

造を例にとって説明する。

まず、図 1 (a) に示すように、シリコンなどの半導体材料からなる基板 101 上に、層間絶縁膜 102 を形成する。層間絶縁膜 102 下の基板 101 には、図示していないが、検出回路などの他の集積回路が形成され、複数の配線からなる配線構造を備えている。

【0018】

層間絶縁膜 102 を形成した後、まず、蒸着法により膜厚 $0.1 \mu\text{m}$ のチタン膜と膜厚 $0.1 \mu\text{m}$ の金膜との 2 層膜からなるシード層 103 を形成する。

つぎに、公知のフォトリソグラフィ技術により、所定の領域に開口部を備えた膜厚 $5 \mu\text{m}$ のレジストパターンを形成する。レジストパターンを形成したら、開口部に露出している下層のシード層 103 上に、電解メッキにより金メッキ膜からなる金属パターンを膜厚 $1 \mu\text{m}$ の厚さで形成し、この後レジストパターンを除去し、図 1 (b) に示すように、電極パターン 104 a を形成する。

【0019】

つぎに、レジストによって電極パターン 104 a を覆い、かつ、開口部によってシード層 103 の所定領域を露出させたレジストパターンを $5 \mu\text{m}$ の厚さで形成する。このレジストパターンを形成したら、開口部に露出した下層のシード層 103 上に、電解メッキにより金メッキ膜からなる膜厚 $3 \mu\text{m}$ の枠状の構造体 105 a を形成する。なお、この後レジストパターンは除去する。

【0020】

つぎに、電極パターン 104 a と枠状の構造体 105 a をマスクとして、シード層 103 を選択的にエッチングする。このエッチングでは、まず、ヨウ素、ヨウ化アンモニウム、水、エタノールからなるエッチング液を用い、シード層上層の金を選択的に除去する。次いで、HF 系のエッチング液を用い、シード層下層のチタンを選択的に除去する。

この結果、図 1 (d) に示すように、基板 101 上に下部電極 104 と、下部電極 104 と絶縁分離された支持部材 105 とが形成される。この支持部材 105 は、後述する可動電極を支持するものであり、各下部電極 104 の周囲を囲むように枠状に形成されている。なお、支持部材を格子状に形成して複数の升を構

成し、この升中央部に下部電極を配置することで、後述する容量検出素子を 2 次元アレイ状に配列させた構造が得られる。

【0021】

つぎに、下部電極 104 と支持部材 105 を覆うように基板 101 上に感光性を有する樹脂膜をスピン塗布により形成する。この後、加熱処理（プリベーク）を施し、公知のフォトリソグラフィ技術により樹脂膜を加工し、支持部材 105 の上部のみを露出させる。さらに、加熱処理をして樹脂膜を熱硬化させ、化学的機械的研磨により表面を平坦化し、図 1（e）に示すように、犠牲層 106 を形成する。

【0022】

つぎに、支持部材 105 と犠牲層 106 の上面に、まず、チタンと金からなるシード層 107 を蒸着法によって形成し、次いで、公知のフォトリソグラフィ技術によって、下層のシード層 107 が部分的に露出する平面視矩形状の開口部を有するレジストパターンを形成する。この開口部内には、レジストが島状に残って、部分的に下層のシード層を隠した状態とする。

【0023】

次いで、形成したレジストパターンの開口部に露出しているシード層 107 上に、電解メッキにより金メッキ膜を形成することで、図 1（f）に示すように、膜厚 $1.3\ \mu\text{m}$ 程度の金属パターン 108a を形成する。なお、この後、レジストパターンは除去する。上述したように、島状のレジストの存在により、形成した金属パターン 108a には、開口部 109 が形成され、下層のシード層 107 が露出した領域が形成される。

【0024】

図 2（a）は、形成した金属パターン 108a の構成を示す平面図である。本実施の形態では、上記島状のレジスト部分を、レジストパターンの開口部内の 4 隅に近い 4 箇所に設けることで、金属パターン 108a に 4 つの開口部 109 を設けるようにした。金属パターン 108a に設ける開口部 109 は、支持部材 105 に接することが無く、また、下部電極 104 上の領域にかからないように配置する。言い換えると、開口部 109 は、金属パターン 108a の、支持部材 1

0 5 と下部電極 1 0 4 との間の領域上に、支持部材 1 0 5 上の領域および下部電極 1 0 4 上の領域より離間して配置する。

【0 0 2 5】

本実施の形態においては、開口部 1 0 9 は直径 4 μ m の平面視円形とし、支持部材 1 0 5 の内側端から 8 μ m 離間させ配置した。

以上説明したように、金属パターン 1 0 8 a を形成したら、金属パターン 1 0 8 a をマスクとしてシード層 1 0 7 をウエットエッチングして加工し、図 2 (b) に示すように、加工したシード層とマスクとした金属パターンとからなる可動電極（蓋）1 0 8 を形成する。形成された可動電極 1 0 8 には、下層の犠牲膜 1 0 6 が露出する開口部 1 0 9 が 4 箇所設けられた状態となっている。

【0 0 2 6】

つぎに、可動電極 1 0 8 まで形成した基板 1 0 1 を、酸素ガスを主体としたプラズマ中に曝し、開口部 1 0 9 を介してプラズマにより生成されたエッチング種を犠牲層 1 0 6 に接触させ、犠牲層 1 0 6 をエッチング除去する。この結果、図 2 (c) に示すように、支持部材 1 0 5 に支えられた可動電極 1 0 8 と、層間絶縁膜 1 0 2 との間に、空間が形成される。この空間は、側方が棒状の支持部材 1 0 5 により囲われ、上方は、可動電極 1 0 8 に覆われているが、可動電極の開口部 1 0 9 を介し、外部と連通した状態となっている。すなわち、空間は封止されていない。

【0 0 2 7】

つぎに、図 2 (d) に示すように、可動電極 1 0 8 上に、有機ポリマー樹脂をスピン塗布することで、封止膜（塗布膜）1 1 0 を形成する。有機ポリマー樹脂としては、金メッキ膜に対する濡れ性の悪いものが好ましく、例えば、ポリベンゾオキサゾール（もしくはこの前駆体）などを用いる。ポリベンゾオキサゾールをベースとする樹脂としては、例えば、住友ベークライト株式会社製の「CRC 8 3 0 0」がある。

【0 0 2 8】

基板 1 0 1 を 7 0 0 0 r p m の回転数で 1 2 秒間回転させた状態で、上記ポリベンゾオキサゾール樹脂をスピン塗布することで、膜厚 1 μ m の封止膜 1 1 0 が

形成できる。このようにして、封止膜 110 を形成した後、図 3 (a) に示すように、直ちに封止膜 110 形成面を下側にし、基板 101 を 120℃ (10 分間) 加熱する。この加熱により、封止膜 110 の溶媒成分を蒸発させ、封止膜 110 の流動性を低下させる。

【0029】

このように、塗布した封止膜 110 が下側、すなわち、重力の作用する側に配置することで、封止膜 110 が、可動電極 108 の開口部 109 より可動電極 108 下の空間に進入することを抑制する。すなわち、封止膜 110 が、基板 101 や可動電極 108 より、力 (重力) の作用する側に配置された状態とする。言い換えると、塗布された封止膜 110 に作用する力の方向には、可動電極 108 が存在していない状態とする。

【0030】

なお、以降に説明するように、塗布する封止膜 110 の材料の可動電極 108 に対する濡れ性が良くない状態とし、開口部 109 内壁に到達した塗布する材料の表面張力が、内壁に到達した材料に加わる重力より大きい場合は、基板 101 を反転させて封止膜 110 形成面が下方に配置した状態とする必要はない。

【0031】

さらに連続し、封止膜 110 を 310℃ で 30 分アニールすることで、有機ポリマー樹脂 (封止膜 110) の溶質部分に脱水・閉環反応を起こさせ、封止膜 110 を熱硬化させる。この硬化により、封止膜 110 の流動性はなくなり、図 3 (b) に示すように、開口部 109 が、封止膜 110 により閉じられ、可動電極 108 の下の空間が完全に封止された微細中空構造体 112 が得られる。

【0032】

この後、図 3 (c) に示すように、封止膜 110 の下部電極 104 上の領域に、突起状構造体 113 を形成し、より感度良く圧力などを検出できる検出素子 114 を得る。突起状構造体 113 は、感光性ポリイミドを膜厚 5～10 μm 程度に形成し、フォトリソグラフィ技術により構造体形成領域以外を露光し、現像処理してから、310℃ で 30 分アニールして熱硬化させることで形成できる。

【0033】

以上説明したことにより製造した容量などを検出する検出素子 114 において、突起状構造体 113 に対象とすべき表面形状が接触すると、突起状構造体 113 が押し込まれて可動電極 108 が下方にたわみ、下部電極 104 と可動電極 108 との間に形成されている静電容量が変化する。この静電容量の変化を、基板 101 上に形成されている(図示していない)集積回路によって増幅・変換して検出する。この検出素子 114 を 2 次元アレイ状に配列させれば、高分解能の容量型圧力センサとすることができる。

【0034】

図 3 (b) において、開口部近傍の封止膜以外の部分を除去したい場合における中空構造作製方法を図 4 に説明する。

図 4 (a) は図 2 (d) と同じ状態を示す。つぎに、前述したように封止膜(塗布膜) 110 形成面を下側にし、基板 101 を 120℃ (10 分間) 加熱する。この加熱により、封止膜 110 の溶媒成分を蒸発させ、封止膜 110 の流動性を低下させる。

この後、公知のフォトリソグラフィ法によって開口部近傍以外を感光させ、現像により感光部を除去し、図 4 (b) に示すように、開口部近傍の封止膜 110 c のみ残す。

【0035】

この後、図 4 (c) のように、基板 101 を重力に対して鉛直下向きになるように逆さまにして、窒素ガス雰囲気中で、30 分の間 310℃ に加熱するアニールを施して、封止膜 110 c を熱硬化させる。なお、部分的に残された封止膜 110 c が、流動性がほぼない状態となっていれば、熱硬化の段階で基板 101 を逆さまにする必要はない。さらに、図 3 (c) と同様に突起状構造体 113 を形成すれば、図 4 (d) に示すように、封止され突起状構造体 113 を備えた微細中空構造 112 a が形成される。

【0036】

以上説明したように、本実施の形態によれば、開口部を備えた板状の蓋の下部に凹部を配置することで蓋の下部に空間を設けるようにした微細構造を、蓋の上に塗布により封止膜を形成することによって容易に封止できる。ここで、上記実

施の形態においては、可動電極 108 が、蓋であり、層間絶縁膜 102 上に形成した棒状の支持部材 105 により、凹部が形成された状態となっている。

【0037】

このように構成した本実施の形態によれば、空間を形成するために設けた可動電極（蓋）の開口部を微細構造の支持部材（凹部側壁）に接触しない状態に配置することで、塗布する液の空間内への流入を防ぐようにした。なお、塗布する液は、封止膜を形成するものである。

従って、封止した状態でも、蓋の下部に形成される空間が、封止前の状態を維持できる。この結果、本実施の形態によれば、蓋を可動可能に形成した場合であっても、封止後に蓋の可動が阻害されることがなくなる。

【0038】

つぎに、図 2（d）、および図 3（a）に示した、液状材料を塗布することで封止を可能にする原理について、図 5 を用いて説明する。図 5（a）は、スピン塗布によって封止膜となる封止液 301 が、封止対象である微細構造 303 の開口部 302 の上部に到達した状態を示す模式的な断面図である。まず、開口部 302 は、微細構造 303 の内部空間側壁 303a から離間している。開口部 302 上部の封止液 301 は、図 5（b）に示すように重力によって内部空間 304 に流入してくる。

【0039】

図 5（b）の拡大図を図 5（c）に示す。封止液 301 が流れ込んでくるとき、開口部 302 の上部領域にある封止液 301b の体積を v 、封止液 301 の密度を ρ 、円形の開口部 302 の半径を r 、封止液 301 と開口部内壁 305 との接触角を ϕ 、封止液 301 と開口部内壁 305 を形成している材料との表面張力の大きさを γ 、重力加速度を g とする。なおここでは、開口部内壁 305 を形成している材料は、微細構造 303 を形成している材料と同じとしてある。

【0040】

接触角 ϕ が鋭角のとき「封止液が開口部内壁を濡らす」といい、表面張力は封止液 301 を流入させる方向に働く。一方、接触角 ϕ が鈍角のとき「封止液が開口部内壁を濡らさない」といい、表面張力は封止液 301 の流入を妨げる方向に

働く。また、重力によって封止液 301 を流入させようとする力は、矢印 307 によって示され、この向きは鉛直下向き、大きさは $v\rho g$ である。一方、接触角 ϕ が鈍角の時の表面張力は矢印 308 によって示される。

接触角 ϕ が鈍角であり、封止液 301 が開口部内壁 305 を濡らさないとき、表面張力 γ による封止液 301 の流入を妨げる鉛直上向き方向に働く力は、 $2\pi r\gamma \cos(\pi - \phi)$ である。

【0041】

$v\rho g > 2\pi r\gamma \cos(\pi - \phi)$ ならば封止液 301 は流入し、 $v\rho g \leq 2\pi r\gamma \cos(\pi - \phi)$ ならば封止液 301 の流入は止まる。従って、表面張力 γ が大きく、封止液 301 が開口部内壁 305 を濡らさない材料を選択すれば、封止液 301 は、図 5 (b) に示すように、開口部内壁 305 を伝って内部空間 304 に到達する前に流入が停止する。

一方、表面張力 γ が小さく、封止液 301 の開口部内壁 305 に対する接触角 ϕ が小さい場合、封止液 301 の先端は内部空間上壁 309 に到達し、図 5 (e) に示すように、内部空間上壁 309 を伝って広がっていくとする。

【0042】

接触角は材料の組み合わせにより決まる一定値であるので、封止液 301 が開口部内壁 305 から内部空間上壁 309 に到達する際に、表面張力の方向が最大 90 度回転する。図 5 (d) に示すように、内部空間上壁 309 を広がるまでの途中過程における回転角（接触角の変化）を α とすると、表面張力による鉛直上向きの力は、 $2\pi r\gamma \cos(\pi - (\phi + \alpha)) = 2\pi r\gamma \cos((\pi - \phi) - \alpha)$ となる。

【0043】

ϕ が鈍角であるので、 $(\pi - \phi)$ は鋭角であり、 $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$ であることを考えると、途中過程において、表面張力は完全に鉛直上向きになる状態があり、 $2\pi r\gamma$ をとる。従って、 $v\rho g \leq 2\pi r\gamma$ ならば、図 5 (b) に示すように、封止液 301 が開口部内壁 305 で停止しなくても、内部空間上壁 309 を広がる前に流入が停止する。これに対し、 $v\rho g > 2\pi r\gamma$ の場合は、図 5 (e) に示すように、封止液 301 が内部空間上壁 309 を伝って広がっていく。

【0 0 4 4】

この際、表面張力は、封止液 3 0 1 と内部空間上壁 3 0 9 の接触している外周の長さに比例するので、広がっていくにつれ表面張力の総和は大きくなる。同時に、封止液 3 0 1 も液滴形状をして広がり体積も大きくなるので、重力により封止液滴 3 0 1 c を広げようとする力も大きくなる。図 5 (e) に示すように、封止液滴 3 0 1 c を半球と近似し、この半径を r' とすると、表面張力は r' に比例して大きくなり、封止液滴 3 0 1 c への重力は、 r' の 3 乗に比例して大きくなる。

【0 0 4 5】

従って、封止液 3 0 1 の流入は停止せず、封止液 3 0 1 が内部空間下壁 3 1 0 に達するか、内部空間 3 0 4 が封止液 3 0 1 で満たされてしまう。ただし、図 5 (f) に示すように、開口部 3 0 2 上部の封止膜 3 0 1 が窪むことによって体積が減少するときは、この限りではない。

以上説明したように、開口部 3 0 2 が内部空間側壁 3 0 3 a から離間しているときについて、封止液 3 0 1 の流入が停止する。

【0 0 4 6】

ところで、液状の材料の密度を ρ とし、塗布膜が形成された段階における開口部に進入した部分とこの上の領域の部分とを合わせた液状の材料の体積を v とし、開口部の半径を r とし、液状の材料の開口部内壁における表面張力を γ とし、重力加速度を g とすると、 $v \rho g \leq 2 \pi r \gamma$ の関係が満たされていれば、封止液の流入を抑制できるものとしたが、これは、開口部がほぼ円柱の場合である。

【0 0 4 7】

開口部が他の柱形状などの場合は、以下に示すこととなる。

塗布膜を形成したときの開口部以外の領域における塗布膜の膜厚を t とし、空間外部と開口部との境界における開口部の断面積を a とし、空間と開口部との境界における開口部の断面の周囲の長さを b とし、開口部内の体積を c とし、空間と開口部との境界における、塗布膜の開口部に進入した部分と開口部側壁との間の表面張力の大きさを d とし、塗布膜の密度を e とし、重力加速度を g とすると、 $(c + a \times t) \times e \times g \leq b \times d$ の関係が満たされていれば、封止液（塗布膜

の開口部に進入した部分)の流入を抑制できるようになる。

【0048】

つぎに、犠牲層をエッチングするために設ける開口部が、内部空間の側壁に接触している場合について説明する。これは、図6(a)に示すように、開口部302aが内部空間側壁303aに隣接し、開口部内壁305aの一部が内部空間側壁303aに連続している場合である。図6(a)では、封止液301が塗布されてこの一部が開口部302a内に進入した状態を示している。

【0049】

前述したように、重力の大きさより表面張力の方が大きい場合、すなわち、 $\rho g \leq 2\pi r \gamma \cos(\pi - \phi)$ ならば、図5(c)に示した場合と同様に、液の流入が停止する。これに対し、重力より表面張力の方が小さい場合、図6(b)に示すように、開口部302aに進入した封止液301の一部が、内部空間上壁309に到達する。しかしながら、この場合、図5(d)に示した場合に比較して、表面張力の向きが回転する領域が少ない。

【0050】

封止液301が内部空間上壁309と接している部分は、表面張力の向きが変化して鉛直上向き成分が大きくなるが、封止液301が内部空間側壁305aと接している部分は、表面張力の向きが変化しない。従って、図6に示すように、開口部302aが内部空間側壁303aに隣接している場合、封止液301の流入を妨げる力が少なく、封止液301が流入しやすくなる。この結果、封止液301が内部空間側壁303を伝って内部空間下壁310に到達した後は、図6(c)に示すように、封止液301の圧力によって内部空間304が封止液301によって満たされていく。

【0051】

以上は、封止液流入時の力の関係について説明したが、実際の工程においては図3(a)に示すように、封止液を塗布して封止膜110を形成した後、基板101を逆さまにして加熱する。加熱することによって、塗布した封止膜110(封止液)の溶媒成分が揮発するなどのことにより粘性が上昇し、最終的に固化(硬化)する。図5(a)から図5(d)に至るように、封止液301が開口部内

壁 305 を伝わって内部空間 304 に進入するまでの時間は、粘性が大きいほど長い。

【0052】

このことは、「液体が一定時間内に細管を流れるときの流量は粘性に反比例する」というポアズイユの式によっても明らかである。また、微細構造 303 の膜厚、すなわち、開口部 302 が長いほど流入に時間がかかる。

また、ベーク時に基板 101 を逆さまにすることによって、図 4 で説明した重力の向きが、封止液 301 を内部空間 304 に流入させようとはしない方向に働くようになる。

【0053】

以上説明したように、開口部を内部空間側壁に隣接しないように配置することによって、表面張力の上向きの成分を大きくし、封止液の流入を妨げることができる。この際、封止液が開口部を形成している材料を濡らしにくく、この両者間の表面張力が大きいほど、あるいは、開口部の半径が小さいほど、あるいは、開口部が長いほど、あるいは、封止液として室温で粘性が高く加熱固化によって粘性がさらに高くなる性質の材料を使うほど、あるいは、封止液を塗布後逆さまにするまでの時間が短いほど、封止液が開口部を通して内部空間に流入せずに封止できる。

【0054】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、塗布することで形成した封止膜で、蓋の下空間を封止するようにしたので、封止された微細な中空構造をより容易に形成できるようになるというすぐれた効果が得れる。従って、特に圧力センサや MEMS などにおいて、微細中空構造を備えた素子を 2 次元配列させた構造においては、各素子の可動部の感度を上昇させるだけでなく、高精度な容量検出が可能となる。また、封止膜を形成する液状の材料は、蓋下の空間底部に到達することがないので、中空構造素子の中空部分の高さを低く制限する必要がなく、任意の高さの中空構造が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態における微細構造の製造方法を説明する工程図である。

【図 2】 図 1 に続く、微細構造の製造方法を説明する工程図である。

【図 3】 図 2 に続く、微細構造の製造方法を説明する工程図である。

【図 4】 本発明の他の形態における微細構造の製造方法を説明する工程図である。

【図 5】 塗布した液状材料の開口部における状態を示す概略的な断面図である。

【図 6】 塗布した液状材料の開口部における状態を示す概略的な断面図である。

【図 7】 従来よりある微細構造であるセンサの製造過程を示す工程図である。

【図 8】 従来よりある微細構造であるセンサの製造過程を示す工程図である。

【図 9】 従来よりある微細構造であるセンサの構成を示す斜視図（a）、平面図（b）、断面図（c）である。

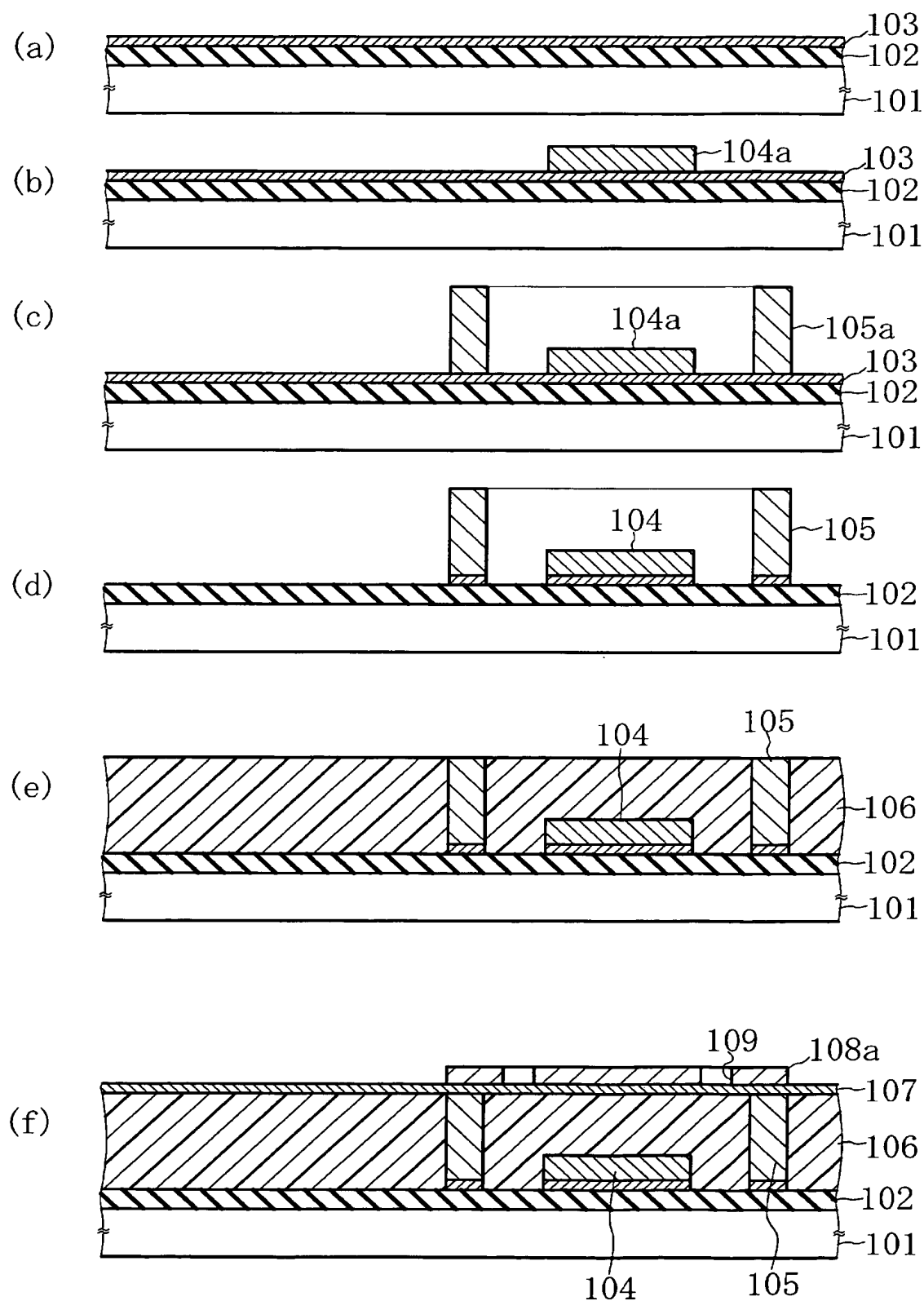
【図 10】 従来よりある微細構造であるセンサの製造過程を示す工程図である。

【符号の説明】

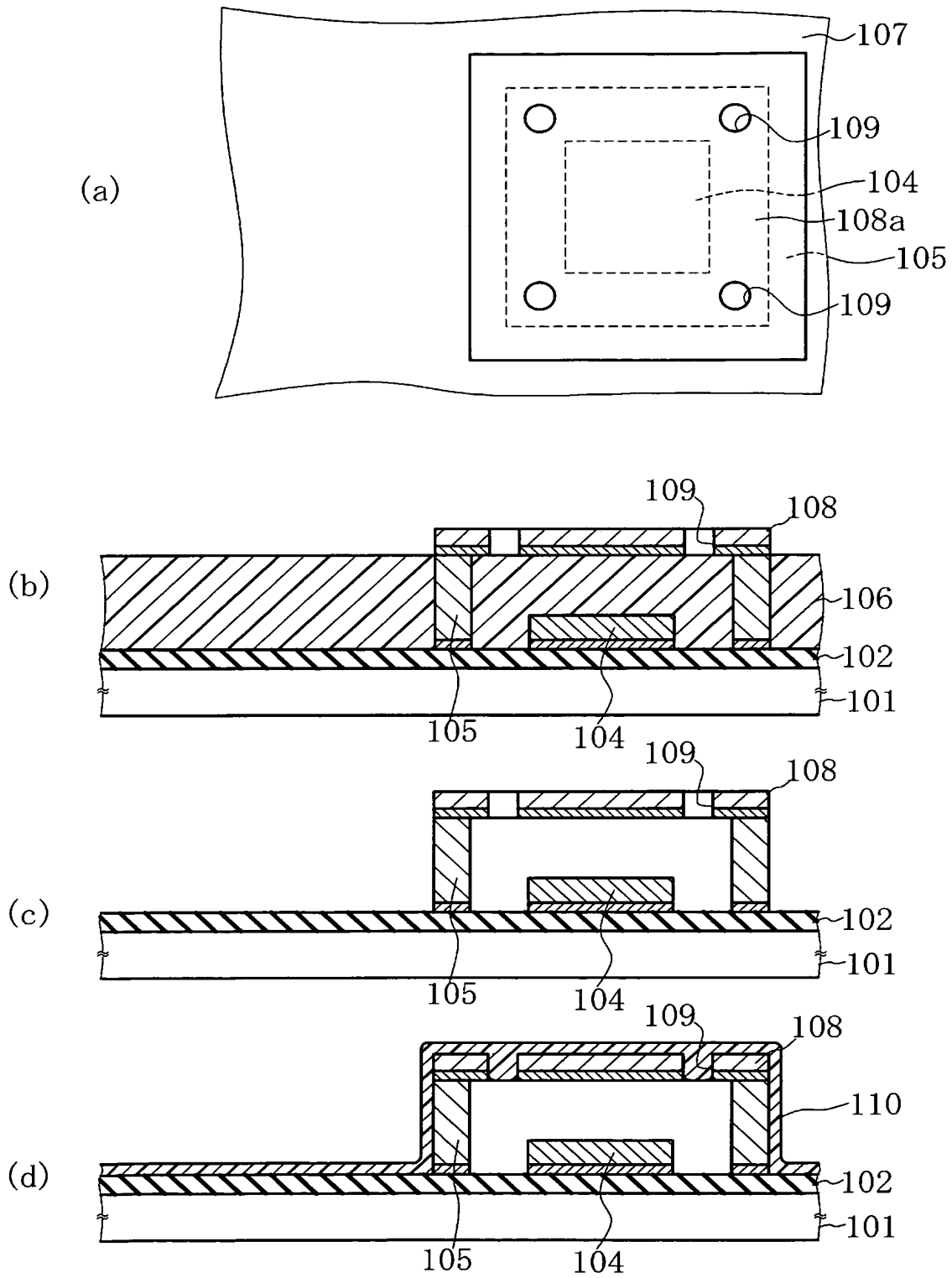
1 0 1…基板、1 0 2…層間絶縁膜、1 0 3…シード層、1 0 4…下部電極、1 0 4 a…電極パターン、1 0 5 a…構造体、1 0 5…支持部材、1 0 6…犠牲層、1 0 7…シード層、1 0 8…可動電極（蓋）、1 0 8 a…金属パターン、1 0 9…開口部、1 1 0…封止膜。

【書類名】 図面

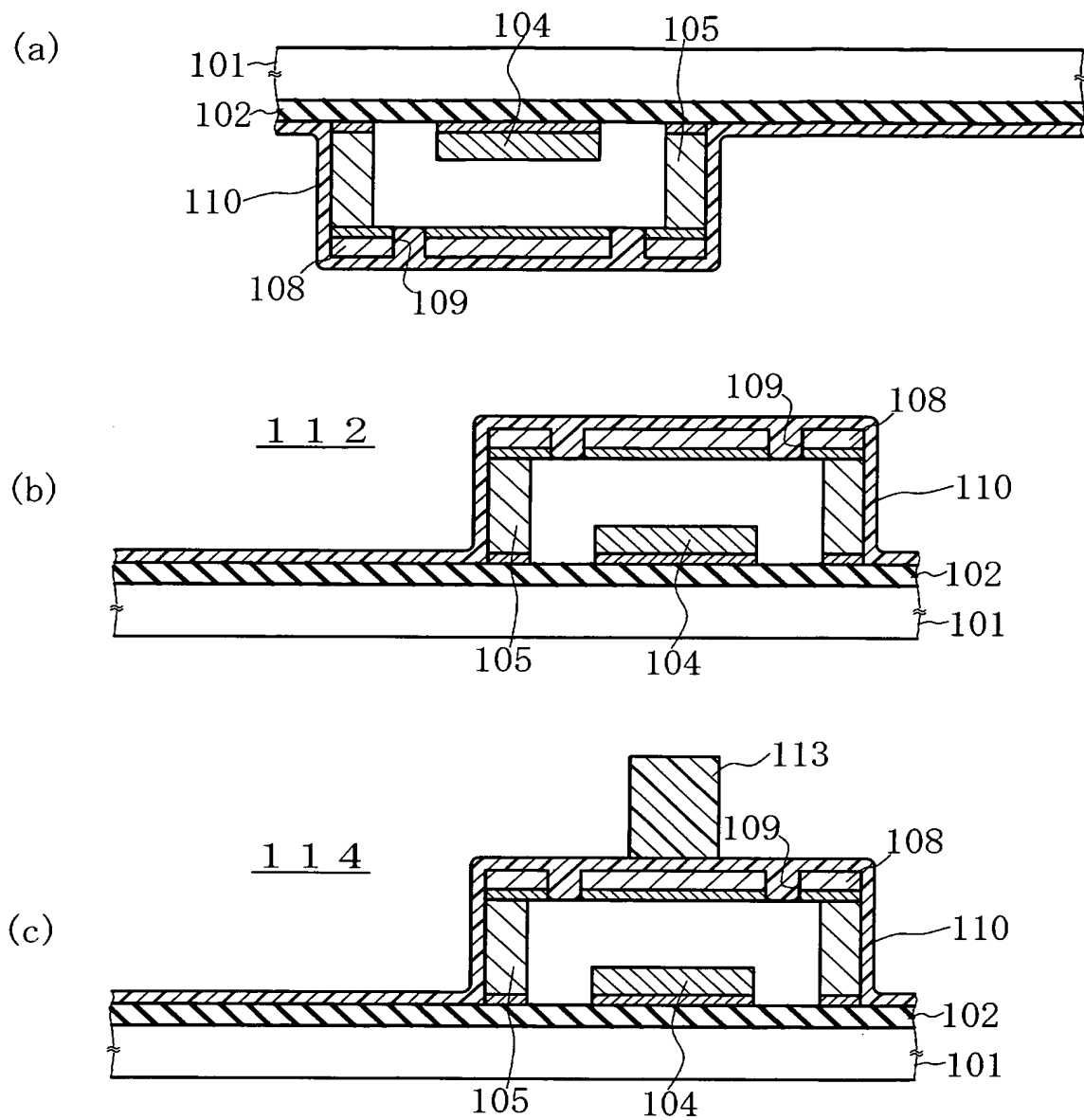
【図 1】



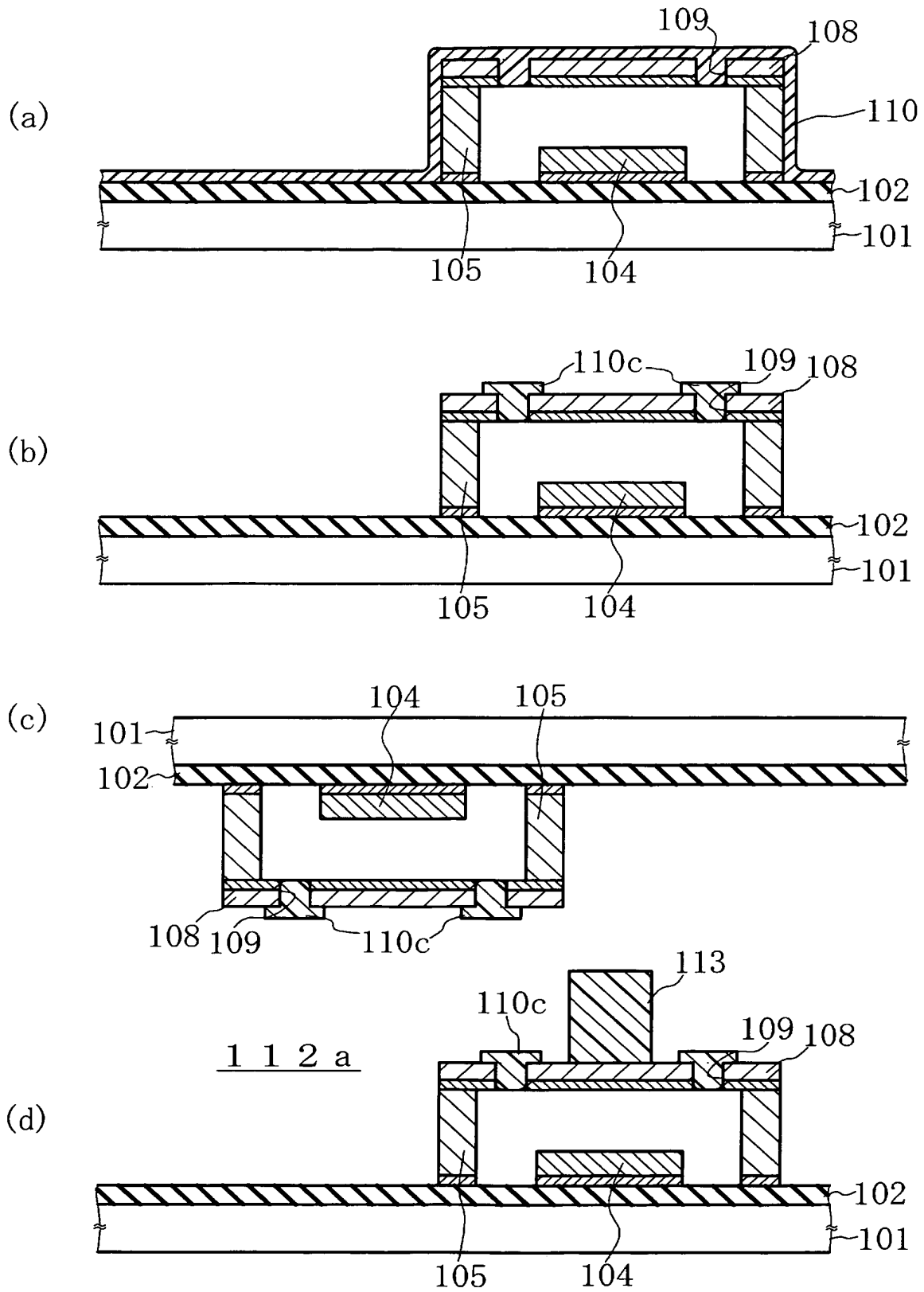
【図 2】



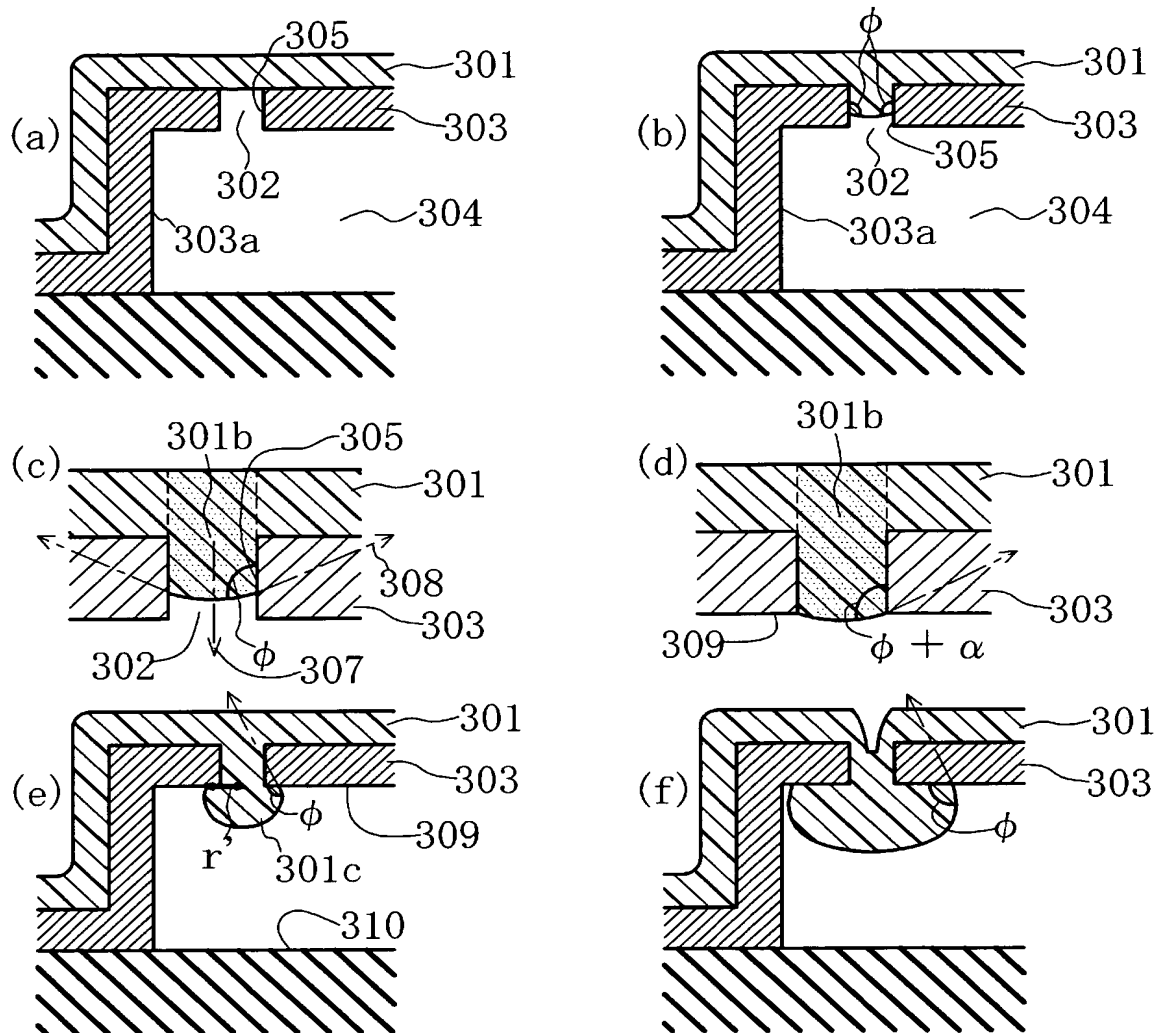
【図 3】



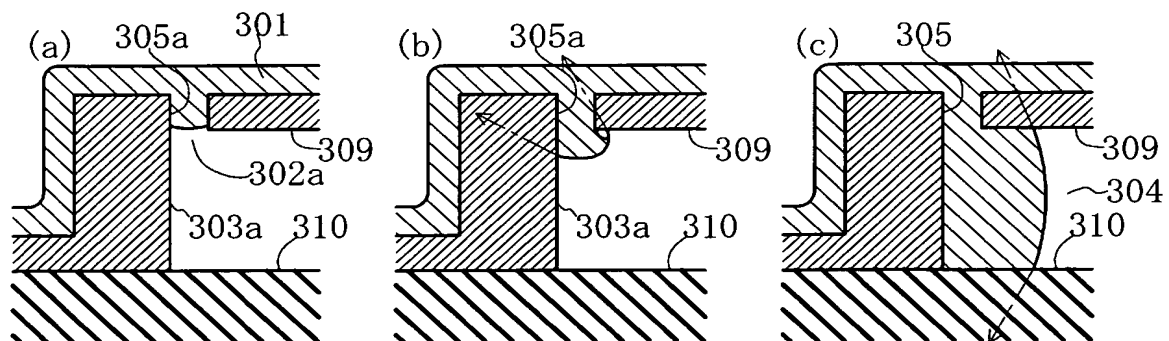
【図 4】



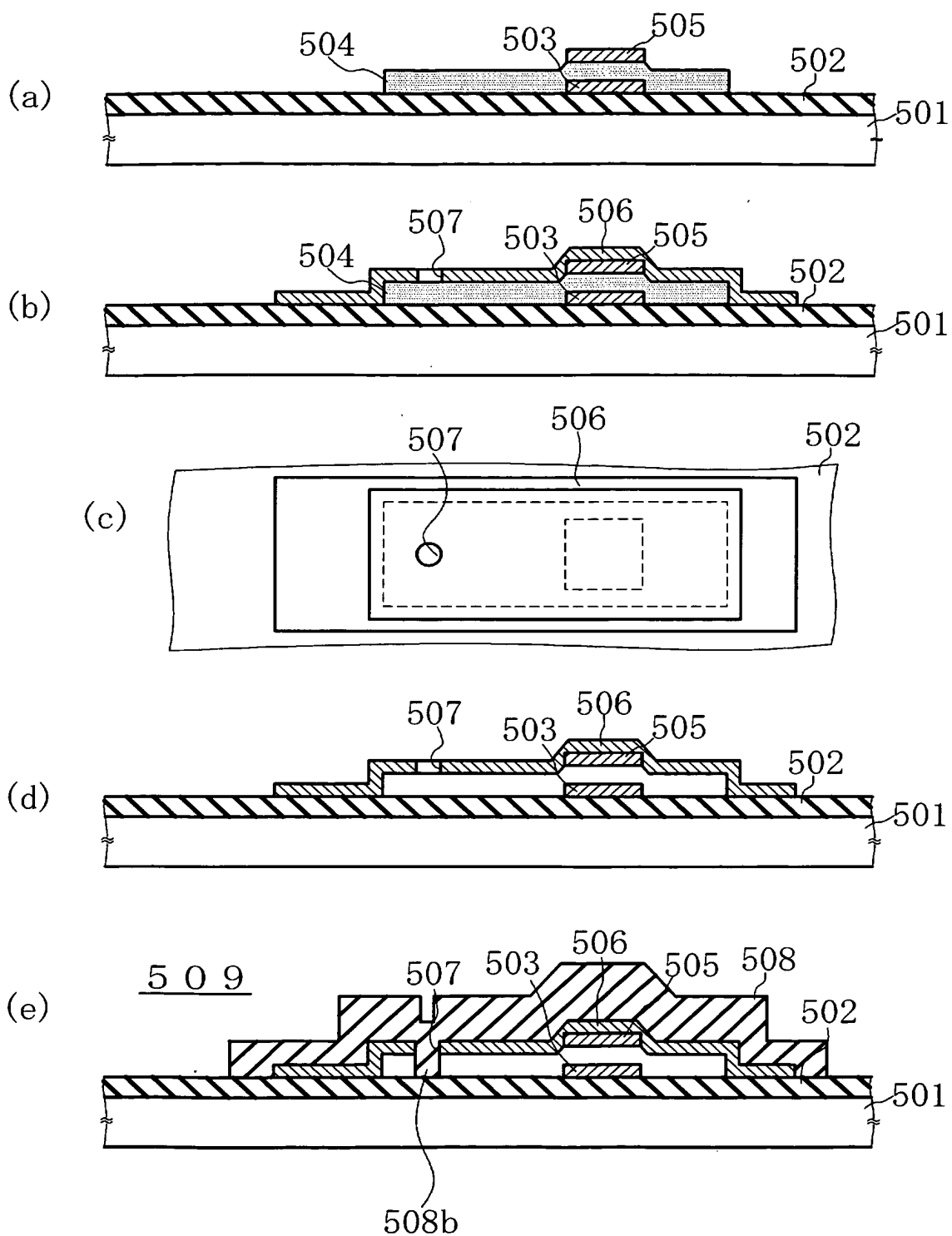
【図 5】



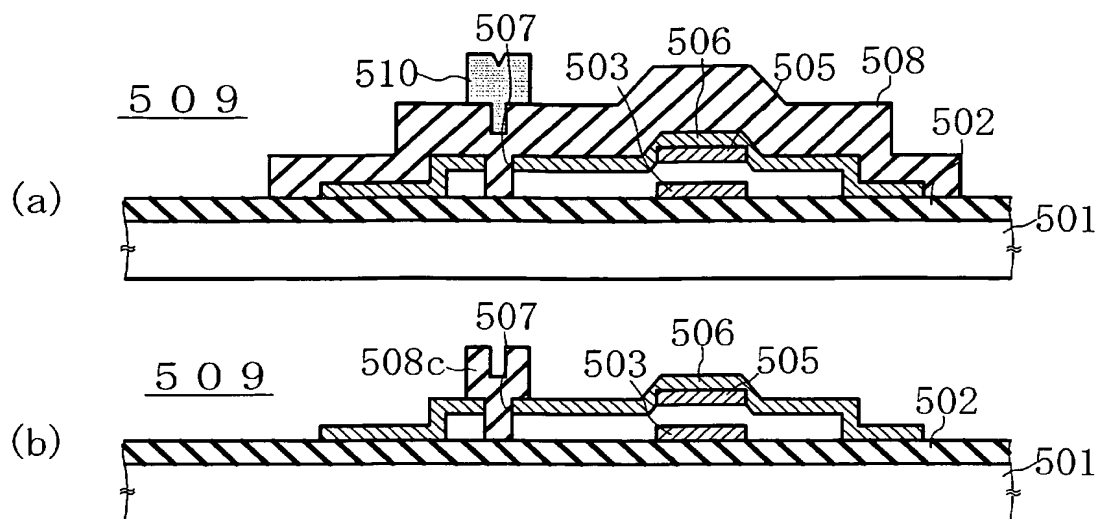
【図 6】



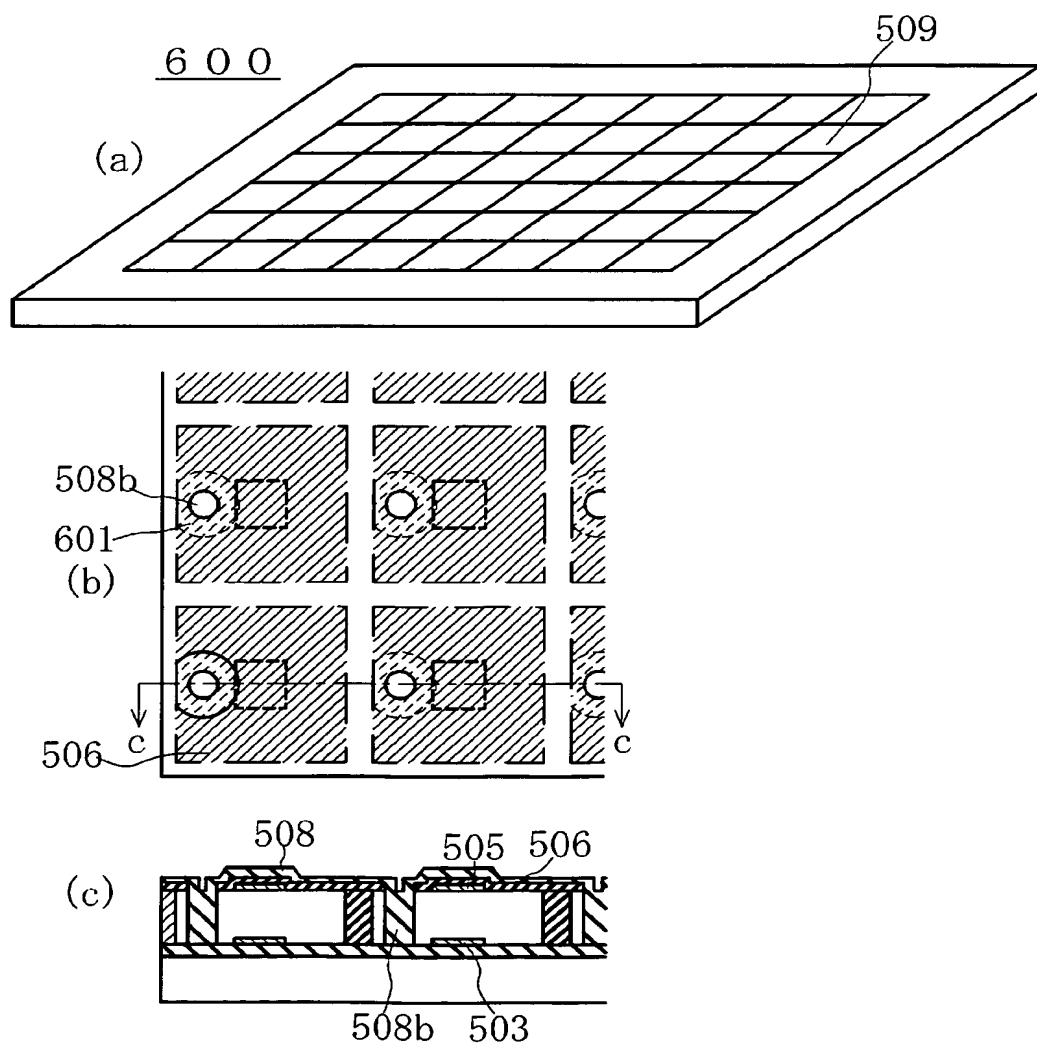
【図 7】



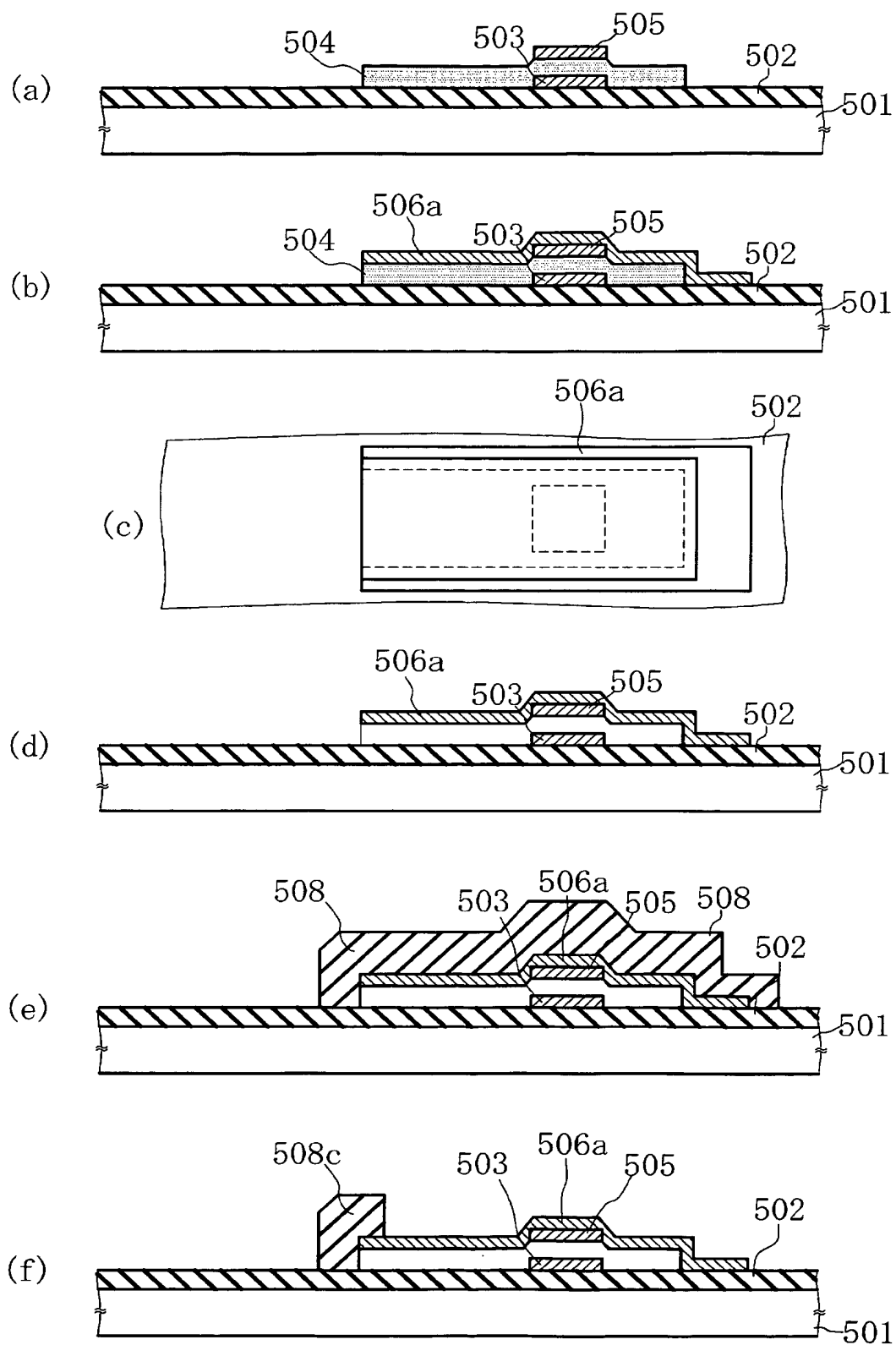
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 封止された微細な中空構造をより容易に形成できるようにする。

【解決手段】 可動電極 1 0 8 上に、有機ポリマー樹脂をスピン塗布することで、封止膜 1 1 0 を形成する。有機ポリマー樹脂としては、金メッキ膜に対する濡れ性の悪いものが好ましく、例えば、ポリベンゾオキサゾール(もしくはこの前駆体)などを用いる。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 1 - 1 7 0 8 5 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 2 2 6]

1. 変更年月日	1 9 9 9 年 7 月 1 5 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号
氏 名	日本電信電話株式会社